

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Інститут математики, економіки і механіки**

(повне найменування інституту/факультету)

**Кафедра обчислювальної математики**

(повна назва кафедри)

## **Д и п л о м н а   р о б о т а**

**бакалавра**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«Аналіз ефективності ієрархічних методів виділення особливостей  
на зображеннях»**

«Analysis of the effectiveness of hierarchical methods of feature detection on images»

Виконав: студент денної форми навчання  
напряму підготовки 6.040301 Прикладна математика

**Стехун Денис Максимович**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник **ст. викл., кандидат техн. наук Максимов А.Л.**

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент **проф., кандидат техн. наук Мороз В.В.**

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.

Захищено на засіданні ЕК № \_\_\_\_\_

протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.

Оцінка \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

**Реут В.В.**

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

**Одеса – 2017**

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Основная часть.....	5
2.1. Преобразование Хафа (Hough Transform).....	5
2.1.1. Теоретические сведения.....	5
2.1.2. Модификация преобразования.....	9
2.1.3. Реализация.....	11
2.1.4. Примеры.....	12
2.2. Вейвлет Хаара и преобразование Хаара.....	14
2.2.1. Теоретические сведения.....	14
2.2.2. Модификация.....	16
2.2.3. Реализация.....	21
3. Вывод.....	23
4. Список литературы.....	24
5. Дополнения.....	25
А. Замеры скорости работы.....	25
Б. Вычислительный эксперимент.....	27

# 1. ВВЕДЕНИЕ

Не секрет, что компьютерное зрение в последнее время развивается с невообразимой скоростью. Причем это происходит не только за счет увеличения мощностей устройств, но и за счет разработки новых алгоритмов, повышающих эффективность уже существующих. Если 5-10 лет назад компьютерное зрение использовалось в основном для классификации изображений (поиск по картинкам Google и Яндекс, и т.д.) и сами алгоритмы выполнялись на компьютерах мощных дата центров, то теперь мы можем наблюдать за развитием систем дополненной реальности, классификации объектов и образов на изображении в реальном времени и т.д. Примеров можно привести множество, однако основными, на мой взгляд, являются следующие:

- Одесский стартап Looksey, позднее купленный компанией Snapchat. Идея стартапа заключается в наложении фильтров на лицо человека в реальном времени с помощью смартфона.
- Американскую компанию Tesla и ее разработки в области автопилота для автомобиля. Распознавание и классификация объектов происходит в реальном времени при помощи бортового компьютера автомобиля, а также сбора информации и поведении водителя в различных дорожных ситуациях и последующая их обработка в дата центрах.
- Китайская компания DJI. Разработки в области распознавания объектов в реальном времени используя компьютер квадрокоптера. Анализ препятствий позволяет дронам корректировать автоматически построенный маршрут для избежание столкновений.

Можно заметить, что во всех вышеперечисленных проектах была поставлена цель оптимизировать алгоритмы распознавания объектов до такой степени, что бы они могли выполняться в реальном времени и в условиях очень ограниченных аппаратных ресурсов (слабый процессор, небольшой объем оперативной памяти, экономный расход заряда батареи и т.д.)

Ранее в курсовой работе были рассмотрены детекторы ключевых точек (feature detectors). Однако все методы являлись локальными и применялись для каждого пиксела изображения, а, следовательно, работали достаточно медленно. В данной дипломной работе будут рассмотрены существующие детекторы ключевых линий и построены их модификации. Ключевые линии являются более глобальной характеристикой объектов на изображениях, а, следовательно, работают быстрее детекторов ключевых точек. В свою очередь распознавание ключевых линий является не менее важным в классификации объектов (а порой и более важным), чем распознавание ключевых точек. Например, распознавание фасадов зданий при распознавании объектов для дронов, или распознавание дорожной разметки, знаков, других автомобилей – если речь идет об автопилоте. Иногда распознавание линий может даже предсказать форму объекта, скрытого из поля зрения камеры (часть фасада здания скрыта листвой дерева и т.д.)

### 3. ВЫВОД

В дипломной работе были рассмотрены некоторые методы выделения особенностей на изображениях, а также предложены и реализованы их модификации. Рассмотренное в главе 2.1 преобразование Хафа служит для построения более удобного и наглядного пространства для работы с ключевыми объектами (линиями) на изображении. В главе 2.2 было рассмотрено преобразование Хаара, а также его модификация для восстановления скалярного поля исходного изображения. От идеи восстановления векторного поля было решено отказаться из-за большой вычислительной сложности, а также сложности в реализации.

Результаты работы модификаций для каждого преобразования были проиллюстрированы на множестве тестовых изображений, также в работе были представлены все необходимые пояснения и теоретический материал для полного понимания описываемых процессов.

В дополнениях А и Б были представлены замеры скорости работы алгоритмов и сравнение со стандартными алгоритмами, реализованными в пакете OpenCV. А также был представлен численный эксперимент, в котором демонстрируется работа двух преобразований вместе, и сравнивается со стандартными преобразованиями по скорости работы и величине среднего угла погрешности нахождения линий.

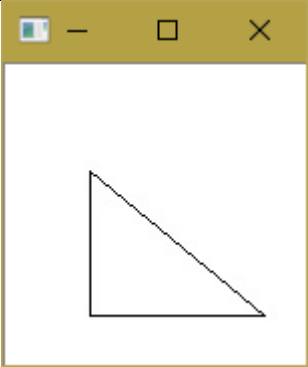
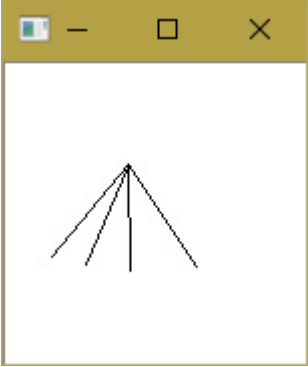
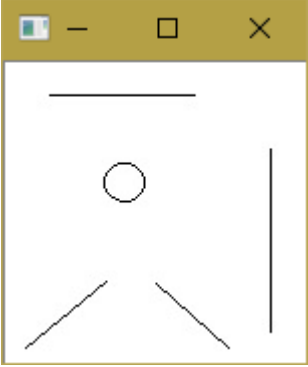
## 4. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

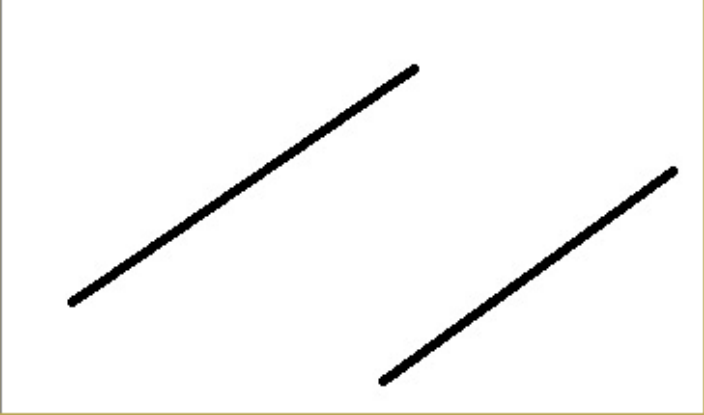
1. Форсайт, Дэвид А., Понс, Жан. Компьютерное зрение. Современный подход. ISBN 5-8459-0542-7 (рус.) Издательный дом «Вильямс», 2004. – 928с.
2. Линда Шапиро, Джордж Стокман. Компьютерное зрение. ISBN 5-94774-384-1 Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752с.
3. [http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough\\_lines/hough\\_lines.html](http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough_lines/hough_lines.html)
4. <http://docs.opencv.org/2.4/index.html>

## 5. ДОПОЛНЕНИЯ

### А. Замеры скорости работы

Сравним скорость работы преобразования Хафа реализованного в пакете OpenCV (HoughLinesP) и модификацию преобразования, использующую метрику, описанную ранее в главе 2.1. Результаты представлены в секундах.

Изображение	OpenCV (сек)	Модификация (сек)
	0.009	0.733
	0.01	0.594
	0.008	0.904

	0.029	4.6
---	-------	-----

Можно заметить, что модификация преобразования работает медленнее, однако для малых размеров изображений скорость работы приемлема, а фазовое пространство Хафа получается более наглядным и дает информацию о структуре исходного изображения без необходимости применять обратное преобразование.

## А. Вычислительный эксперимент

В качестве вычислительного эксперимента предложена следующая программа действий:

1. Генерация линий под заранее известным углом
2. Использование преобразования Хафа (из пакета OpenCV) для нахождения линий.
3. Использовании модификации преобразования Хафа для нахождения линий.
4. Сравнение скорости работы, а также средней величины угла отклонения.

В дополнение к этому рассмотрена также дополненная программа, у которой между шагами 1 и 2 присутствует шаг, на котором к сгенерированному изображению сначала применяется преобразование Хаара, а потом с помощью проделанных модификаций восстанавливается скалярное поле изображения.

Результаты представлены в таблице А.1.

	Без использования пр. Хаара		С использованием пр. Хаара	
	OpenCV	Модификация	OpenCV	Модификация
Среднее время работы (секунды)	0.002	0.74	0.001	0.79
Средний угол отклонения (градусы)	0.26	0.56	0.31	0.67

Следует заметить, что модификация преобразования работает медленнее, а также имеет большую погрешность. Также использование преобразования Хаара не дает прироста скорости работы и точности из-за того, что мы рассматриваем восстановление скалярного поля изображения. При рассмотрении восстановления векторного поля изображения результаты могут

быть иными. Также следует отметить что погрешность нахождения линий достаточно мала ( $< 1^\circ$ ), что является очень хорошим результатом для представленной модификации преобразования Хафа.